Studien zum objektiven Vergleich von Lichtquellen mit dem Mikroradiometer

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde,

genehmigt von der Philosophischen Fakultät
der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin

von

Dora Badt

aus Berlin

Tag der mündlichen Prüfung: 22. Februar 1934
Tag der Promotion: 9. Mai 1934

Jena 1934

Universitäts-Buchdruckerei G. Neuenhahn, G. m. b. H., Jena

?25

Referenten: Geheimrat Prof. Dr. W. Nernst
Professor Dr. M. Czerny

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Es liegt im Wesen der Photometrie, daß die subjektiven Meßmethoden zuerst durchgebildet wurden. Bei diesen treten jedoch Schwierigkeiten beim Vergleich von Meßergebnissen von verschiedenen Beobachtern auf. Auf der Tagung der Internationalen Beleuchtungskommission 1931 (1) in England wurde über die Genauigkeit der subjektiven Photometrie angegeben, daß der mittlere Fehler des Mittelwertes bei drei Beobachtern mit je 10 Einstellungen unter normalen Bedingungen bereits $\pm$ 1% beträgt.

Man hat daher schon lange versucht, objektive Meßmethoden einzuführen, ohne daß diese sich bisher durchgesetzt hätten. Meßanordnungen unter Verwendung von Selenzellen und photographischen Platten haben sich nicht bewährt, dagegen gelang es, mit photoelektrischen Zellen verschiedener Art einwandfreie Meßanordnungen zu schaffen. Bisher ließ sich jedoch die spektrale Empfindlichkeit der Photozellen noch nicht so weit reproduzieren, daß man mit den gleichen Filtern bei einer Zellenart die spektrale Augenempfindlichkeitskurve ausreichend genau nachbilden konnte.

Eine weitere Möglichkeit bilden die frequenzunabhängigen Strahlungsmeßinstrumente, wie Bolometer, Mikroradiometer usw. Für derartige Instrumente hat man Filter herstellen können, z. B. das Flüssigkeitsfilter von Conrad (2), die in ihrer spektralen Durchlässigkeit der Augenempfindlichkeitskurve sehr stark angenähert sind. In der vorliegenden Untersuchung ist die zuletzt erwähnte objektive Methode angewendet worden. Als Strahlungsempfänger diente ein Mikroradiometer nach Rubens unter Zwischenschaltung des erwähnten Flüssigkeitsfilters nach Conrad. Ist die Größe des Ausschlages für die auf das Meßinstrument auffallende Intensität mit genügend großer Genauigkeit reproduzierbar und die Abhängigkeit der Ausschlagsgröße von der auffallenden Intensität bekannt, so kann ein bestimmter Ausschlag des Instrumentes einer bestimmten Intensität der Strahlung zugeordnet werden. Wegen später zu besprechender technischer Schwierigkeiten konnten diese Messungen nicht durchgeführt werden. Es wurde ein Quotient zweier Ausschläge bestimmt, der nach Anbringung der auf S. 5 angegebenen Korrekturen dem visuellen Nutzeffekt der Strahlung der untersuchten Strahlungsquelle entspricht.

Als Meßapparatur diente die in Fig. 1 dargestellte Anordnung. Eine Lichtquelle L war auf einer optischen Bank B aufgebaut, zur Vermeidung von Streustrahlung im Meßraum allseitig von einem geschwärzten Holzkasten H umgeben. Das als Meßinstrument dienende Mikroradiometer M, mittels einer Aufstellung A nach R. Mueller (3) vor Erschütterungen geschützt, war so in der Achse der optischen Bank aufgestellt, daß sich die Lötstelle seines Thermoelementes in gleicher Höhe mit der Strahlungsquelle befand. Als Strahlungsverschlußklappe diente ein wassergefüllter

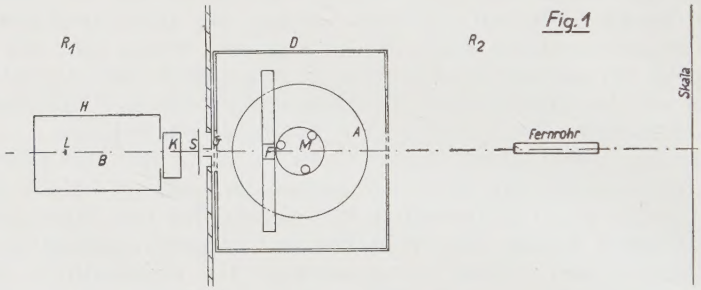


Fig. 1

Eisenkasten K, um eine Erwärmung, und damit Fälschung der Meßergebnisse, zu vermeiden. Zwischen Verschlußklappe und Mikroradiometer befand sich ein rotierender Sektor S zur Schwächung der Strahlung und unmittelbar vor dem Mikroradiometer das Conradsche Augenempfindlichkeitsfilter F, das durch eine Zugvorrichtung entfernt werden konnte. Das Mikroradiometer war zum Schutz gegen Erwärmung durch die im Meßraum befindlichen Beleuchtungskörper und durch den Beobachter und gegen Luftzug allseitig von einem doppelwandigen Holzkasten D umgeben, der außen mit Aluminiumbronze angestrichen und innen geschwärzt war. Um eine Erwärmung des Raumes durch die zu messende Strahlungsquelle zu vermeiden, waren Mikroradiometer und optische Bank in zwei getrennten, durch ein Glasfenster G verbundenen Räumen R_1 und R_2 untergebracht. Die Messung des Ausschlages geschah mit Skala und Fernrohr, der Skalenabstand betrug ca. 5 m. Die Konstanthaltung des Lampenstromes, Bewegung der Verschlußklappe und Bewegung des Conradschen Filters wurde vom Beobachtungsplatz aus bewirkt. Um die Bedienung des rotierenden Sektors von demselben Platze aus möglich zu machen, wurde eine besondere Sektorscheibe konstruiert, die bei Stillstand den Strahlengang freiließ, in Bewegung jedoch wie ein normaler rotierender Sektor wirkte.

Die Apparatur war in einem Kellerraum eines Fabrikgebäudes der Osram G. m. b. H. Kommanditgesellschaft aufgestellt. Bei den starken Gebäudeerschütterungen während der Betriebszeit, verursacht durch das Laufen großer Maschinen, erwies sich die Mueller sche Aufstellung als unzureichend. Die Messungen konnten deshalb nur außerhalb der Betriebszeit durchgeführt werden, wobei sich auch noch manchmal Störungen unangenehm bemerkbar machten. Um starke Luftströmungen und größere Temperaturschwankungen in den Meßräumen zu unterbinden, wurden die Räume ständig ungeheizt belassen; auch hierdurch konnte jedoch keine vollkommen konstante Raumtemperatur, wie sie zu präzisen Messungen nötig ist, erzielt werden, da die Temperatur abhängig war von der Außentemperatur und der Temperatur der umliegenden Räume. Da die Größe der Ausschläge an verschiedenen Meßtagen zu große Schwankungen aufwies, wurde nicht die Größe eines Ausschlages, sondern der Quotient zweier Ausschläge verwertet. Diese beiden Ausschläge entsprechen der Intensität nach Passieren des Augenempfindlichkeitsfilters bzw. der durch den rotierenden Sektor und durch die im Strahlengang befindlichen Glasplatten geschwächten Gesamtintensität der Strahlungsquelle. Die Gesamtintensität mußte geschwächt werden — die Sektoröffnung betrug ca. 5° — um gleiche Größenordnung der Ausschläge zu erreichen, wodurch man außerdem von einer genauen Proportionalität der Ausschläge in bezug auf die auffallende Energie unabhängig wird. Der so bestimmte Quotient gibt ein Maß für den visuellen Nutzeffekt der Gesamtstrahlung an, wenn man die Schwächung des rotierenden Sektors und die Absorption und Reflexion der im Strahlengang befindlichen Glasplatten und der Lampenglocke für die Gesamtstrahlung sowie der Durchlässigkeit des Conradschen Filters für die sichtbare Strahlung in Rechnung setzt. Die Durchlässigkeit ist für den rotierenden Sektor genau bekannt (aus den geometrischen Abmessungen), für das Conradsche Filter ziemlich gut (70—75%) nach Conrad (2); für die Glasplatten einschl. der Lampenglocke hätten die Durchlässigkeiten bestimmt werden müssen, da diese bei den einzelnen Glassorten sehr verschieden sind. Angenähert kennt man diese Zahlen jedoch (4). Für normales Klarglas ergibt sich bei einer (schwarzen) Strahlertemperatur von ca. 2500° abs. eine Gesamtstrahlungsdurchlässigkeit von ca. 80%; für eine Glasglocke und zwei Glasplatten ergibt sich unter Berücksichtigung der spektralen Verschiebung also eine Gesamtstrahlungsdurchlässigkeit von ca. 60%. Setzt man diese Zahlen unter Benutzung der später beschriebenen Ergebnisse der Messungen ein, so ergibt

sich für den visuellen Nutzeffekt (N) für den Quotienten (Q=1,1) (vgl. Tabelle 7):

$$N = \frac{Q}{0{,}75} \cdot \frac{5}{360} : \frac{1}{0{,}60}$$

$$= \frac{1{,}1 \cdot 5 \cdot 0{,}60}{0{,}75 \cdot 360} \sim 0{,}0012$$

Diese Zahl stimmt nicht nur größenordnungsmäßig, sondern ziemlich genau mit den bekannten Daten des visuellen Nutzeffektes von Wolframlampen (5) überein, wenn man berücksichtigt, daß die Quotienten an stark unterbelasteten Lampen gemessen wurden.

Die Messungen wurden an zwei 250 Watt 110 Volt Projektionslampen und an sechs 150 Watt 110 Volt Nitralampen normaler Konstruktion durchgeführt. Aus je 5—10 Messungen der sichtbaren Strahlung und der Gesamtstrahlung wurden Mittelwerte gebildet und aus ihnen der Quotient errechnet. Die in den nachfolgenden Tabellen aufgeführten Werte sind die Mittelwerte der je an einem Meßtage festgelegten Quotienten. Diese Quotienten sind bei verschiedenen Lampenspannungen und damit bei verschiedenen Lichtstärken der Meßobjekte bestimmt.

Die Entfernung der Lichtquelle vom Instrument betrug etwa 2 m. Bei dieser Entfernung kann die Lichtquelle schon als punktförmig angesehen werden. Die kleinste zu den Messungen verwendete Lichtstärke betrug 140 HK⊥ Da die Auffangfläche des Meßinstrumentes von der Größenordnung 1 mm² war, betrug der für die Messung in Betracht kommende Raumwinkel ca. 2′. Unter Berücksichtigung der Durchlässigkeit des Conradschen Filters und der Entfernung der Lampe vom Meßinstrument errechnet sich in bekannter Weise die auf das Meßinstrument gelangende Strahlung zu $3{,}7 \cdot 10^{-8}$ Watt. Um diesen geringen Strahlungsfluß messen zu können, wurde ein Mikroradiometer verwendet, das eines der empfindlichsten Strahlungsmeßinstrumente ist. Der im Durchschnitt erzielte Ausschlag bei diesen Messungen betrug bei dem Skalenabstand von 5 m 300—600 mm. Demnach entspricht bei 1 m Skalenabstand einem Ausschlag von 1 mm ca. $4 \cdot 10^{-10}$ Watt.

Es wurden folgende Meßergebnisse erzielt:

a) Projektionslampen:

Zuerst wurden Messungen an Lampe Nr. 5 durchgeführt. Der Index von Q (Quotient) in den Tabellen gibt die zugehörige Lampengleichspannung in Volt an.

Tabelle 1.

Datum	Q_{76}	Q_{78}	Q_{80}	Q_{81}	Q_{83}	Q_{85}
20. August 1928	1,092	—	—	—	—	—
23. August 1928	1,093	—	—	—	—	—
27. August 1928	1,098	1,148	1,201	—	—	—
5. September 1928	1,098	1,154	1,207	1,236	1,288	1,344
10. September 1928	1,079	1,132	1,186	—	—	—
12. Oktober 1928	1,123	1,181	1,244	—	1,320	—
22. Oktober 1928	1,110	1,167	1,228	—	—	—

Längere Meßreihen liegen nur bei den Spannungen 76, 78 und 80 Volt vor. Die Übereinstimmung der Meßergebnisse an verschiedenen Tagen ist nicht gut; im ganzen scheint sich ein Steigen des Quotienten mit der Zeit zu ergeben. Die größten Abweichungen zwischen den Meßwerten derselben Spalte gibt, in Prozenten ausgedrückt, Tabelle 2 an.

Tabelle 2.

Q_{76}	Q_{78}	Q_{80}	Q_{83}
4 %	4,1 %	4,9 %	2,4 %

Die Messungen wurden unterbrochen und nach etwa einem Jahr wieder aufgenommen. Tabelle 3 gibt die Ergebnisse der wiederholten Messung an Lampe Nr. 5 wieder. Die Verschiedenheit der Quotienten der früheren und späteren Messungen ist durch eine Neukonstruktion der Sektorscheibe zu erklären.

Tabelle 3.

Datum	Q_{76}	Q_{80}
14. Februar 1930	0,825	0,911
17. Februar 1930	0,828	0,910
21. Februar 1930	0,829	0,911
24. Februar 1930	0,829	0,913
25. Februar 1930	0,826	0,908
26. Februar 1930	0,828	0,906
3. März 1930	0,835	0,918
6. März 1930	0,837	—
8. März 1930	0,835	0,925
13. März 1930	0,846	0,929
	0,847	$0,828_5$
17. März 1930	0,852	—
18. März 1930	0,851	—
	0,851	—
20. März 1930	0,850	—
	0,852	—

Der früher festgestellte Gang der Meßergebnisse ist auch hier erkennbar. Tabelle 4 gibt die größten Abweichungen zwischen den Meßwerten derselben Spalte in Prozenten:

Tabelle 4.

Q_{76}	Q_{80}
3,3 %	2,1 %

Eine andere Lampe derselben Type — Nr. 1 — lieferte analoge Ergebnisse.

Um festzustellen, ob der Gang der Meßergebnisse durch eine systematische Veränderung irgendwelcher Apparaturteile zu erklären ist, wurden die Meßergebnisse relativ zueinander bewertet. Der bei einer Spannung — 76 Volt — gemessene Quotient wurde als Einheit angesetzt und die anderen darauf bezogen (Q_r). Eine Vergrößerung des Quotienten Q kann durch Verkleinerung der Gesamtstrahlung oder Vergrößerung der sichtbaren Strahlung hervorgerufen werden. Eine Verkleinerung der Gesamtstrahlung ist unwahrscheinlich, da kein Grund für eine systematische Änderung der Strahlung der Lampe vorliegt, die stark unterbelastet und nur für diese Messungen gebrannt wurde. Eine Vergrößerung der sichtbaren Strahlung könnte in einer Veränderung des Conradschen Filters zu größeren Durchlässigkeitswerten liegen. Die entsprechend umgerechneten Meßergebnisse sind im folgenden dargestellt. Tabelle 5 gibt die umgerechneten Werte der Tabelle 1. Aus Tabelle 6 sind der Mittelwert dieser Meßreihen und die Fehler zu ersehen.

Tabelle 5.

Datum	Q_{r78}	Q_{r80}	Q_{r81}	Q_{r83}	Q_{r85}
27. August 1928	1,046	1,094	—	—	—
5. September 1928	1,050	1,098	1,125	1,173	1,224
10. September 1928	1,048	$1,098_5$	—	—	—
12. Oktober 1928	$1,057_5$	$1,107_5$	—	1,175	—
22. Oktober 1928	1,052	1,10	—	—	—

Tabelle 6.

Spannung	Mittelwert von Q_r	Mittl. quadr. Fehler der Einzelmessung	Mittl. quadr. Fehler des Mittelwertes
78 Volt	1,0495	0,24 %	0,11 %
80 Volt	1,1009	0,44 %	0,20 %

Tabelle 7 enthält die Umrechnung der Tabelle 3, Tabelle 8 wiederum Mittelwert und Fehlerangabe.

Tabelle 7.

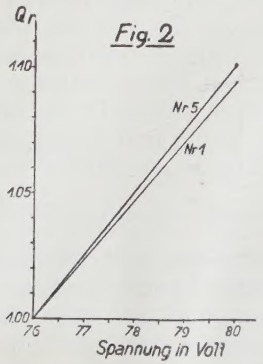
Datum	$Q_{r\,80}$
14. Februar 1930	$1{,}101_5$
17. Februar 1930	1,098
21. Februar 1930	1,099
24. Februar 1930	$1{,}101_5$
25. Februar 1930	$1{,}098_5$
26. Februar 1930	1,107
3. März 1930	1,100
8. März 1930	1,108
13. März 1930	1,099
21. März 1930	1,097

Tabelle 8.

Spannung	Mittelwert von Q_r	Mittl. quadr. Fehler der Einzelmessung	Mittl. quadr. Fehler des Mittelwertes
80 Volt	1,101	0,34 %	0,11 %

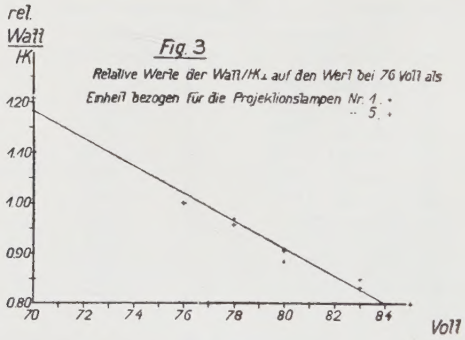
Man sieht hieraus, daß die relativen Werte der Messungen vor und nach dem Umbau der Apparatur eine ausgezeichnete Übereinstimmung zeigen.

Die relativen Quotienten Q_r sind in Abhängigkeit von der Spannung für beide Lampen in Fig. 2 aufgetragen. Der Unterschied



der Werte für 80 Volt beträgt nur 0,6%. Zur Kontrolle wurde bei den Lampen zwischen 70 und 85 Volt die Abhängigkeit der

Watt/HK⊥ von der Spannung subjektiv bestimmt. Die so gemessenen Werte wurden entsprechend den objektiven relativ zum Watt/HK⊥-Wert bei 76 Volt umgerechnet. Wie aus Fig. 3 hervor-



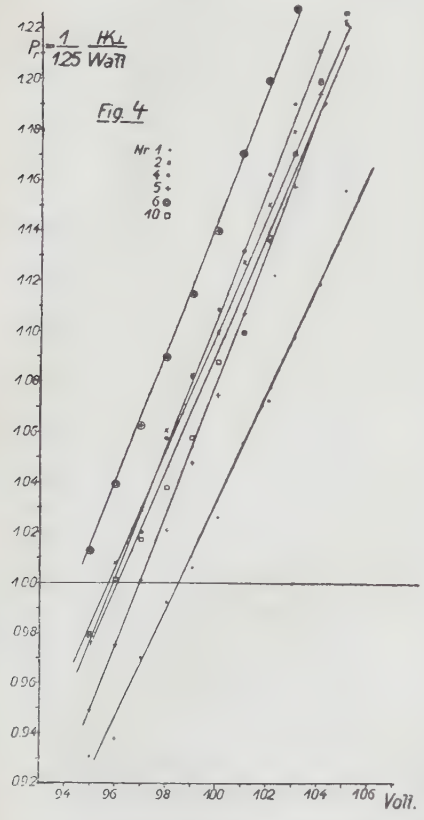
geht, kann für die Meßreihen beider Lampen nur eine mittlere Gerade gezogen werden, da der Unterschied von 0,6% zu gering ist, um bei subjektiven Messungen, deren Fehler ± 1,5% beträgt, festgestellt zu werden.

Wie aus den Tabellen 6 und 8 hervorgeht, bleibt der mittlere Fehler der Einzelmessung bei allen Meßreihen unterhalb 0,45%, der mittlere Fehler des Mittelwertes unterhalb 0,2%.

b) Nitralampen:

Bei den sechs 150 Watt 110 Volt Nitralampen wurde die Abhängigkeit desselben Quotienten von der Spannung zwischen 95 und 105 Volt bestimmt. Die Ausstrahlrichtung war senkrecht zur Ebene des Leuchtsystems. Da sich die Messungen an verschiedenen Tagen wegen des Ganges der Ergebnisse mit der Zeit untereinander nicht vergleichen ließen, wurden wieder Relativwerte errechnet. Außerdem wurde subjektiv die horizontale Lichtstärke in Hk gemessen und aus Strom und Spannung der Leistungsaufwand in Watt bestimmt. Aus diesen Daten wurde ein den objektiven Messungen entsprechender Quotient $P = \frac{HK\perp}{Watt}$ (spez. Lichtausbeute) gebildet, der also der reziproke Wert der üblichen Angabe über die Ökonomie einer Lampe — Watt/HK⊥ — ist. Die Meßergebnisse für eine Lampe streuen etwas und können kurvenmäßig durch eine mittlere Gerade dargestellt werden. Die Streuung ist begründet durch die diesen subjektiven Messungen der Lichtstärke anhaftenden Fehler von ± 1,5%. Um einen Vergleich mit den objektiv gemessenen Werten möglich zu machen, wurden auch hier

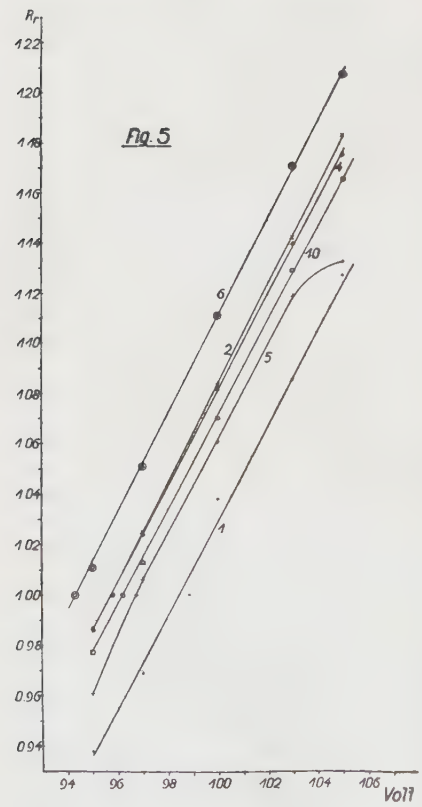
Relativwerte berechnet, und zwar in der Weise, daß der Quotient $P = 1{,}25\ HK\perp/Watt$ bei allen Lampen als Einheit angesetzt wurde. Die so umgerechneten Werte sind in Fig. 4 aufgetragen. Für die objektiven Messungen wurden die Relativwerte R_r nun so gebildet, daß der Quotient R bei der Spannung als Einheit angesetzt wurde, bei der die subjektive Messung den Wert $P = 1{,}25$ ergab. Sowohl die Werte der dem Wert $P = 1{,}25$ entsprechenden Spannungen wie die diesen Spannungen entsprechenden Werte der Quotienten R wurden aus den Kurven interpoliert. Die so umgerechneten relativen Quotienten R_r sind kurvenmäßig in Fig. 5 (s. S. 12) wiedergegeben. Der Anstieg der Quotienten ist geradlinig bis auf die Werte der Lampe Nr. 5 und zeigt mit Ausnahme der Lampe Nr. 1 fast gar keine Streuung; die objektiv gemessenen Werte steigen also nicht in demselben Verhältnis wie die subjektiv gemessenen. In Tabelle 9 (s. S. 13) sind die gemessenen Quotienten R der objektiven und P der subjektiven Messungen für 95 und 105 Volt und ihr prozentischer Anstieg innerhalb dieses Spannungsintervalles aufgeführt.



Der prozentische Anstieg der subjektiven Meßwerte ist im Mittel ca. 7% größer als der der objektiven Werte. Diese Differenz ist dadurch verursacht, daß bei der subjektiven Messung der Leistungsaufwand, bei der objektiven die durch die Glasplatten und die Lampenglocke abgestrahlte Energie gemessen wurde.

Der Grund dafür, daß mit der beschriebenen Apparatur nur der Quotient zweier Messungen und nicht jede einzeln gewertet werden konnte, lag, wie eingangs beschrieben, an der Abweichung des absoluten Wertes der einzelnen Ausschläge an verschiedenen

Meßtagen, die bis zu 5% betrug. Die Genauigkeit des Ausschlages an jedem einzelnen Meßtage variierte zwischen 0,016% und 0,3%. Diese Größenunterschiede in der Meßgenauigkeit an den einzelnen Meßtagen sind höchstwahrscheinlich in äußeren Umständen zu suchen, da bei der Durchführung solcher Messungen in einem Fabrikgebäude nicht die hierzu nötigen konstanten äußeren Bedingungen eingehalten werden können. Die Raumtemperatur schwankte an einem Meßtage um 0,5 — 1° C; an den verschiedenen Meßtagen wurden Temperaturen zwischen 14 und 17° C festgestellt. Die Konstanz des Lampenstromes war an den einzelnen Tagen nicht gleich gut. Die Spannungsregelung war bis auf wenigstens 0,06 % genau. An manchen Tagen war die Spannung so konstant, daß eine Regelung überflüssig wurde, an anderen Tagen wiederum mußte sie fast bei jeder Messung betätigt werden. Die Nullage des Mikroradiometers war sehr inkonstant, jedoch konnte keine Abhängigkeit des Ausschlages von der Nullpunktslage festgestellt werden; die größte Nullpunktswanderung betrug ca. 12°. Der Gang mit der Zeit, den die Quotienten aufweisen — ca. 3 % — kann also nicht durch einen dieser Faktoren bewirkt worden sein. Da die Quotienten einen Gang zu größeren Werten aufweisen, kann diese Veränderung durch eine Verkleinerung der Gesamtstrahlung oder durch eine Vergrößerung der sichtbaren Strahlung zustande kommen. Wie bereits oben beschrieben, kommt eine Verkleinerung der Gesamtstrahlung nicht in Frage. Eine Vergrößerung der sichtbaren Strahlung wäre durch eine erhöhte Durchlässigkeit des Conradschen Filters möglich, da das Filter



außer einer Kupferchlorid- und einer Kaliumbichromatlösung auch eine Jod-Jodkalium-Lösung enthält, die, wie orientierende Messungen zeigten, bei längerem Gebrauch lichtdurchlässiger wurde. Leider konnten keine quantitativen Messungen über die Art und die Gründe dieser Änderung angestellt werden, da die hierzu nötigen, überaus genauen Untersuchungen mit den zur Verfügung stehenden Mitteln nicht durchgeführt werden konnten.

Tabelle 9.

Lampe Nr.	Objektive Messung			Subjektive Messung	
	Spannung Volt	Quotient R	Anstieg %	Quotient P	Anstieg %
1	95	$0{,}902_5$	20,2	1,145	26,3
	105	1,085		1,446	
2	95	0,975	19,9	1,222	25,4
	105	1,169		1,532	
4	95	0,961	$19{,}2_5$	1,223	26,75
	105	1,146		1,550	—
	95	$0{,}961_5$	20,6	—	
	105	$1{,}159_5$		—	
5	95	0,920	17,9	1,187	27,95
	105	1,085		1,519	
6	95	0,901	19,7	1,268	27,4
	105	$1{,}078_5$		1,616	
	95	0,897	19,3	—	—
	105	1,070		—	
	95	$0{,}894_5$	19,6	—	—
	105	1,070		—	
10	95	0,911	19,2	1,222	25,7
	105	1,086		1,536	

Die Resultate der direkt gewonnenen objektiven photometrischen Messungen zeigen wegen der Veränderlichkeit des Filters eine Veränderung von ca. 3% in dem Zeitraum, über den sich die Messungen erstreckten.

Eine wesentlich größere Reproduzierbarkeit, 0,1 . . . 0,3%, zeigen die relativ gewerteten Ergebnisse; hier sind, wie früher ausführlich dargestellt wurde, die Meßdaten für eine Lichtquelle an jedem Meßtage untereinander verglichen, wobei das Ergebnis einer bestimmten Messung als Einheit angesetzt wurde. Liegt eine Licht-

quelle vor, deren Watt/HK⊥-Wert bekannt ist (z. B. durch subjektive Messung) und deren Leuchteigenschaften eine genügende Konstanz aufweisen, so kann man Lichtquellen gleicher Art und Konstruktion mit dieser Anordnung mit der oben angegebenen Genauigkeit von 0,1 . . .0,3% auf den gleichen Watt/HK⊥-Wert einstellen, wobei zu berücksichtigen ist, daß man erstmalig den Fehler der subjektiven Messung in Kauf nehmen muß. Diese Vergleichsmessungen müssen an einem Tage in möglichst kurzer Aufeinanderfolge geschehen, um eine zeitliche Veränderung des gemessenen Watt/HK⊥-Wertes zu vermeiden bzw. eine Veränderung des Filters und damit einer Fälschung des Meßergebnisses.

Falls es möglich ist, ein Augenempfindlichkeitsfilter von absoluter Konstanz herzustellen, so kann man diese Methode zur absoluten Eichung von Lichtquellen benutzen, da man dann die Quotienten Q und R selbst messen kann, deren Reproduzierbarkeit dieselbe sein dürfte, wie die in dieser Arbeit ausgeführten Relativmessungen; allerdings bleibt man an Lichtquellen gleicher Art und Konstruktion gebunden.

Das Ergebnis dieser Arbeit liefert also die Möglichkeit, mit einer vorgegebenen Normallichtquelle Lichtquellen gleicher Art und Konstruktion durch objektive Messung zu vergleichen.

Für die Anregung und dauernde Förderung dieser Arbeit möchte ich Herrn Prof. Dr. M. Pirani meinen wärmsten Dank aussprechen. Der Studiengesellschaft für elektrische Beleuchtung m. b. H. sowie der Osram G. m. b. H. Kommanditgesellschaft bin ich für die Bereitstellung der Mittel zur Durchführung der Versuche zu aufrichtigem Dank verpflichtet.

Literaturzusammenstellung.

1. Comité d'Etude sur la Précision de la Photometrie. Commission International de l'Eclairage. 8. Sitz. Cambridge 1932.
2. F. Conrad, Ann. der Physik 54 (1917), S. 357.
3. R. Mueller, Ann. der Physik (5) Bd. 1 (1929), S. 613.
4. Glastechnische Tabellen (Eitel-Pirani-Scheel), 1932, Kap. 27.
5. Lax-Pirani, Handbuch der Physik (Geiger-Scheel), Bd. 19 (1928), S. 430.

Lebenslauf.

Ich, Dora Badt, wurde am 13. Juli 1906 in Berlin als Tochter des Kaufmanns Albert Badt geboren. Ich besuchte vom Herbst 1912 bis zum Herbst 1921 die Auguste-Viktoria-Schule zu Charlottenburg und vom Herbst 1921 bis zum Herbst 1925 die Fürstin-Bismarck-Schule zu Charlottenburg, wo ich im Herbst 1925 die Reifeprüfung ablegte. Ich studierte dann ein Semester in Berlin Mathematik, Physik und Chemie, dann ein Semester in Heidelberg Mathematik, Chemie und Philosophie und dann fünf Semester an der Universität Berlin Mathematik, Physik und Philosophie. Meine Lehrer waren: die Herren Professoren Byk, Czerny, Feigl, Freudenberg, Hammerstein, Henning, Hettner, Kallman, v. Laue, Liebmann, London, Loewner, v. Mises, Nernst, Planck, Pringheim, Reichenbach, Rickert, Rieffert, Schlenk, E. Schmidt, Schrödinger, Sternberg, Schur, Szegö, Trautz, Wehnelt und Frau Professor L. Meitner.

Nachdem ich bereits vorher als Werkstudentin in den Laboratorien der Studiengesellschaft für elektrische Beleuchtung m. b. H. tätig gewesen war, arbeitete ich bei derselben Firma vom November 1929 bis zum Mai 1931 als wissenschaftliche Hilfsarbeiterin. Ich hatte mich dort in der Hauptsache mit Messungen auf dem Gebiete der ultraroten Strahlung und mit deren Auswertung sowie mit anderen lichttechnischen Arbeiten beschäftigt. In den dortigen Laboratorien führte ich auch auf Anregung von Herrn Prof. Dr. M. Pirani die experimentellen Arbeiten für die vorliegende Dissertation aus. Vom Mai 1931 bis Oktober 1931 beschäftigte ich mich mit wissenschaftlichen Arbeiten und trat dann bei der Firma Radioaktiengesellschaft D. S. Loewe als Technikerin ein, wo ich heute noch tätig bin.